

CONTENIDO DE CARBONO EN ALGUNOS SUELOS FORESTALES DE CUBA: PARDO CON CARBONATOS

CARBON CONTAIN IN SOME CUBAN FOREST SOILS: BROWN SOIL TYPE CARBONATES

ING. ARSENIO RENDA-SAYOUX, M. SC. YOLANIS RODRÍGUEZ-GIL Y DRA. C. ALICIA MERCADET-PORTILLO

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba. arenda@forestales.co.cu, teléf.: 2082013, fax: 2082189

RESUMEN

Los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de la tierra y sus suelos que contienen cerca del 40 % del total del carbono. A través del secuestro de carbono los niveles del dióxido de carbono atmosférico pueden reducirse en la medida en que la materia orgánica del suelo aumenta. El objetivo de este trabajo es dar a conocer el contenido de carbono en los suelos del tipo pardo con carbonato (inceptisoles), cubierto por diferentes tipos de plantaciones forestales y sometidas a diferentes usos en diversas regiones de Cuba. En el presente trabajo se muestra que la mayor retención de carbono tiene lugar cuando este tipo de suelo está cubierto por plantaciones de *Tectona grandis* (teca) con un nivel de 80,38 t/ha, mientras que en pastizales degradados, susceptibles de convertirse en bosques, varía entre 21 y 25,26 t/ha.

Palabras claves: *ecosistemas, suelos forestales, carbono.*

INTRODUCCION

Según la FAO (2002), los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de la tierra, y sus suelos –que contienen cerca del 40 % del total del carbono– son de importancia primaria cuando se considera el manejo de los bosques. Espinoza (2005) señala que «el secuestro de carbono en el suelo es el proceso de transformación del carbono del aire a carbono orgánico, alma-

ABSTRACT

Forest ecosystems contain more carbon per united area than any other land utilization type and their soils contain for about 40 percent of the total. Through the carbon sequestered the levels of atmospheric carbon dioxide can be reduced as long as the soil organic matter increased. The objective of the present article is to show the carbon contain in Carbonates Brown Soil Type (Inceptisoles) covered by different type of forests plantation and other land use in different Cuban regions. This paper show that the major carbon retention take place when the soil is used in *Tectona grandis* (teak) plantation with level of 80,38 t/ha, however in pasture land degraded, which can be converted in forest area, such level may reach between 21 y 25,26 t/ha.

Key words: *ecosystems, forest soils, carbon.*

cenado en el suelo». A través del secuestro de carbono (importantísimo servicio ambiental de los ecosistemas forestales) los niveles del dióxido de carbono atmosférico pueden reducirse en la medida en que los niveles de carbono orgánico del suelo aumentan. En general, las prácticas de manejo que incrementan el carbono del suelo también reducen la incidencia de los procesos erosivos y mejoran los recursos naturales.

El presente artículo es una continuación del estudio de una serie de tipos de suelos con vocación forestal, donde se ha evaluado el contenido de carbono que puede ser almacenado según el uso a que esté sometido en el escenario agrario cubano [Renda *et al.*, 2010a, b; Rodríguez, 2010].

El objetivo de este trabajo es dar a conocer el contenido de carbono en los suelos del tipo pardo con carbonato (inceptisoles), cubierto por diferentes tipos de plantaciones forestales y sometidas a diferentes usos en diversas regiones naturales de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización general de los suelos pardos con carbonatos (inceptisoles)

Los suelos pardos con carbonatos aparecen por lo general en las 15 provincias del país, en diversas formas de relieve como las llanuras que ocupan el 65 % del territorio nacional; igualmente se distribuye por las partes alomadas que ocupan el

17 % [Instituto Investigaciones de Suelo, 1973; Academia de Ciencias de Cuba, 1989].

La vegetación natural que cubre los pardos con carbonato está relacionada con la formación forestal semicaducifolia sobre suelo calizo, las más ricas en especies de alto valor económico [Bisse, 1973]; sin embargo, siempre estos suelos han sido desmontados para ser utilizados en la agricultura para la caña de azúcar, cultivos varios, la ganadería y escasamente en la actividad forestal.

En los pardos con carbonato predominan minerales arcilloso del grupo 2:1, y el proceso de carbonatación y su lavado influye fuertemente en la formación de humus, donde la materia orgánica puede alcanzar valores entre el 4 y 8 %, y más al estar ocupado por vegetación forestal que aporta anualmente hojarasca (*Figs. 1 y 2*), aunque cuando sufren procesos erosivos su nivel de materia orgánica generalmente puede variar entre el 3 y 2 %, que solo tiene lugar cuando en su utilización agrícola no se aplican medidas agrotécnicas y antierosivas.



Figura 1. Hojarasca depositada en el suelo.



Figura 2. Presencia de pardo con carbonato. (Fuente: Renda, 2010).

Materiales

Se utilizaron los datos de los perfiles de suelo descritos en los estudios realizados por Renda *et al.* (1974); Renda *et al.* (1981a, b, c); Renda *et al.* (1982); Renda *et al.* (1985), Renda *et al.* (1989).

Métodos

La determinación del contenido de carbono se realizó hasta los 20 cm de profundidad en cada uno de los perfiles seleccionados, en plantaciones de *Tectona grandis* L., *Taliparitis elatum* (Sw.) Fryxell, *Cesalpineia violacea* (Mill.) Standl., cultivos agrícolas y pastizales degradados.

El contenido de carbono se determinó a partir del nivel de materia orgánica (%) existente hasta la profundidad indicada, multiplicado por el factor 0,58, que significa que el 58 % de la materia orgánica es carbono; luego se multiplica por 10 000 para llevar a gramos tal contenido, y este resultado se divide entre 1 000 000 para convertirlo en toneladas. Finalmente el cociente (contenido de C en la materia orgánica) se multiplica por el valor de la densidad aparente (peso volumétrico), según el comportamiento de la composición mecánica del suelo a la profundidad asumida para el cálculo de contenido de carbono, en este caso, a 20 cm de profundidad en 1 ha de

suelo. Similar método fue utilizado por Cairo *et al.* (1980), Bashkin & Binkley (1998), citado por Gutiérrez y Lopera (2001); Mohamed *et al.* (2007).

El método de análisis de laboratorio utilizado en la determinación del contenido de materia orgánica fue el de Walkey and Black [Instituto de Investigaciones Forestales, 1978]. La densidad aparente se determinó directamente en los perfiles, utilizando anillos o cilindros volumétricos, y la composición mecánica por el método de la pipeta semiautomática.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cálculo del nivel de secuestro de carbono por los suelos tiene que hacerse a partir del comportamiento de la materia orgánica y de la densidad aparente o peso volumétrico hasta la profundidad deseada, pero ambos indicadores están sujetos a los llamados *cambios globales del suelo*. Hernández *et al.* (2006) indican que estos cambios pueden ser graduales, rápidos o aun catastróficos, afectando la capacidad de la tierra a través de su influencia sobre la vegetación y tipos de usos, entre otros, que tienen un efecto muy fuerte sobre las condiciones climáticas globales que influyen en las propiedades y características de los suelos.

De acuerdo con Varallyay (1990), el tiempo de cambio y características de los suelos como la densidad aparente y el contenido de materia orgánica pueden cambiar en un mes y diez años, respectivamente.

Esto indica, entre otros factores, que el ciclo evolutivo del uso de la tierra en las condiciones

del país (bosque-agricultura-pastizales) y los procesos erosivos a que se someten durante esa utilización, pueden ser condicionantes para lograr una mayor o menor acumulación de carbono en sus horizontes superficiales.

Como ha sido demostrado científicamente [Hernández *et al.*, 2006], los suelos cubiertos por vegetación forestal, antes de su aprovechamiento, son los que acumulan el más alto nivel de materia orgánica, y por tanto lo estabilizan, y mejoran sus propiedades físicas, hidrofísicas, químicas y biológicas ante la manifestación de fenómenos erosivos, como ocurre al someterse a la agricultura y la pastizales de forma irracional.

En los suelos pardos con carbonatos el proceso de humificación transcurre en un medio favorable donde existe suficiente cantidad de arcilla, humedad, bases alcalino-térreas y condiciones climáticas donde alternen períodos húmedos y secos, lo que permite que se acumule alto contenido de sustancias húmicas [Ortega, 1982]; por esta razón es uno de los tipos de suelo del país que mayor resistencia antierosiva presenta [Shepashenko *et al.*, 1983].

En relación con la composición mecánica de este tipo de suelo, en la *Tabla 1* se puede observar que en todos los perfiles estudiados y sometidos a diferentes usos el contenido de arcilla varía entre el 31,5 y 60 %, lo cual contribuye a que los valores de la densidad aparente (peso volumétrico) varíen también entre 1,1 y 1,3 g/cm³, aspecto este de gran interés para el cálculo del contenido de carbono según el uso a que se someta el suelo.

TABLA 1
Datos físicos del suelo pardo con carbonato

<i>Uso del suelo</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Peso vol. (g/cm³)</i>	<i>Arena (%)</i>	<i>Limo (%)</i>	<i>Arcilla (%)</i>
Plantación teca (20 años), cuenca río Guisa	0-20	1,1	18,5	28,0	53,5
Plantación majagua (8 años), subcuenca río Cupeinicu	0-20	1,2	23,0	38,0	39,0
Plantación yarúa (7 años), subcuenca río Cupeinicu	0-20	1,0	15,0	25,0	60,0
Cultivos agrícolas, cuenca río Yara	0-20	1,1	24,5	25,5	50,0
Cultivos agrícolas, cuenca río San Diego	0-20	1,3	33,0	30,0	36,9
Pastizales, cuenca río Cautillo	0-20	1,2	32,5	35	31,5
Pastizales, cuenca río Gua	0-20	1,1	20,0	40,0	40,0

Las características químicas (Tabla 2) de este tipo de suelo se encuentran dentro de los índices descritos por el Instituto Investigaciones de Suelo (1973), y el nivel de materia orgánica muy cercano a lo indicado por Ortega (1985). Puede observarse que el mayor contenido de humus o materia orgánica aparece en el perfil plantado de teca de veinte años, que a su vez es el que más contenido de carbono acumula (80,3 t/ha). Hay que notar que en los sitios con plantación de majagua y yarúa acumulan menos del 50 % de materia orgánica que el de teca, al igual que el contenido de carbono en toneladas por hec-

tárea (entre 36,2 y 37,5), teniendo edades entre siete y ocho años de establecida, por lo que es de esperar que a los veinte años también aumente tanto el nivel de materia orgánica como de carbono secuestrado por la acumulación progresiva de biomasa en la superficie, fundamentalmente la hojarasca.

Sin embargo, al someterse este tipo de suelo al uso de cultivos agrícolas y pastizales el nivel de materia orgánica resulta inferior, al fluctuar entre el 1,5 y 3,9 %, siendo la acumulación de carbono retenido en el suelo en estos perfiles de 21,2 y 53,3 t/ha, respectivamente.

TABLA 2
Datos químicos y contenido de carbono en los suelos pardos con carbonato

Uso del suelo	M.O. (%)	Contenido de carbono (t/ha)	pH (en agua)	Cationes cambiables (Cmol x kg ⁻¹)				
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Suma
Plantación teca (20 años), cuenca río Guisa	6,3	80,3	6,8	58,7	10	0,5	0,1	69,3
Plantación majagua, (8 años), sub-cuenca río Cupeinicu	2,5	36,2	7,0	57,5	1,9	0,7	0,1	60,2
Plantación yarúa (7 años), subcuenca río Cupeinicu	3,0	37,5	7,0	69,3	3,7	0,2	0,3	73,6
Cultivos agrícolas, cuenca río Yara	3,9	53,3	7,0	51,8	6,8	1,4	0,3	60,3
Cultivos agrícolas, cuenca río San Diego	2,9	44,4	6,5	15,9	3,8	0,1	0,2	20,0
Pastizales, cuenca río Cautillo	1,5	21,2	7,2	47,5	6,2	0,6	0,4	54,8
Pastizales, cuenca río Gua	1,9	25,2	7,2	57,5	3,7	0,6	0,3	62,2

En relación con el sitio plantado de teca en este tipo de suelos, la hojarasca acumulada en la superficie parece ser que se descompone rápidamente en relación con otras especies latifolias, debido a que la relación ácido húmico-ácido fúlvico encontrada resultó de 0,7 [Renda *et al.*, 1985]. Este aspecto es importante, pues se ha observado que mientras otras especies autóctonas de latifolias demoran algunos años en convertirse en polvo, la hoja de la teca demora pocos años en transformarse en partículas finas que protegen el suelo, y que al mezclarse con su masa por acción del hombre y/o los animales mejora sus características físicas e hidrofísicas.

En estudios realizados para medir la fertilidad de los suelos protegidos con esta especie, se llegó a la conclusión [Renda *et al.*, 1989] que

árboles de diferentes edades (ocho, catorce y diecisiete años) de esta especie aportaban progresivamente según dichas edades más hojarascas, nitrógeno, calcio y magnesio, lo cual se traduce no solo en restituir nutrientes al suelo, sino también en mejorar su fertilidad, y por tanto mayor nivel de carbono secuestrado.

En suelos lateríticos de la India, Chavan *et al.* (1995) reportaron efectos similares. Igual también se reporta en Venezuela, sobre todo en calcio, carbono orgánico y nitrógeno en plantaciones de cuatro, nueve y catorce años de edad [Cuevas *et al.*, 1992], hasta la profundidad de 40 cm, correlacionándose el contenido de carbono orgánico con el contenido total de fósforo y nitrógeno en la medida en que la plantación adquiere mayor edad.

La notable diferencia observada en los perfiles estudiados en cuanto al contenido de carbono se debe fundamentalmente al comportamiento del peso volumétrico condicionado por la composición mecánica en el horizonte superficial de los perfiles y el contenido de materia orgánica, que a su vez han variado de acuerdo con el uso que han sido sometidos anteriormente.

CONCLUSIONES

- La mayor retención de carbono tiene lugar cuando este tipo de suelo está cubierto por plantaciones de *Tectona grandis* L. (teca) con un nivel de 80,3 t/ha, con veinte años de edad.
- En plantaciones de *Taliparitis elatum* (Sw.) Fryxell (majagua) y *Cesalpineia violacea* (Mill.) Standl (yarúa), el nivel de carbono acumulado se mantuvo casi al mismo nivel (entre 36,2 y 37,5 t/ha), después de siete y ocho años de establecidas.
- En los perfiles estudiados sometidos a diferentes usos el contenido de arcilla varía entre el 31,5 y 60 %, lo cual conlleva a que el comportamiento de la composición mecánica se corresponda con los valores de la densidad aparente (1,1 y 1,3 g/cm³).

BIBLIOGRAFÍA

- ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA (ACC). 1989. Atlas Nacional de Cuba. La Habana. Instituto de Geografía e Instituto de Geodesia y Cartografía.
- BASHKIN, M.A & BINKLEY, D. 1998. Changes in soil carbon following afforestation in Hawai. Ecology (US) 79 (3): 828-833.
- BISSE, J. 1973. Guía para clasificar los diferentes tipos de montes y vegetación con especies forestales existentes en el país. INDAF, La Habana, 11p.
- CAIRO, P., QUINTERO G. 1980. Suelos. Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación. p. 172-173.
- CHAVAN, K. N., ET AL. 1995. Effect of forest tree species on properties of lateritic soil. Journal of Indian Society of Soil Science (IN) 43(1): 4346.
- CUEVAS, E., ALCESTE, C., MOTHES, M. 1992: Decomposition dynamic of Teak (*Tectona grandis*) litter. TBSF Report, Nairobi, Kenya, p. 3233.
- ESPIÑOZA, Y. 2005. Secuestro de carbono en el suelo. Revista digital CENIAP HOY. ISSN: 1690-4117. INIA - CENIAP. Número 7, enero-abril. Maracay, Aragua, Venezuela. URL. Disponible en: www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n7/arti/espinoza_y/arti/espinoza_y.htm. Visitado en fecha: 31/3/2006.
- FAO. 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Tendencia general de la captura de carbono en el suelo. Dpto. de Desarrollo Sostenible. No. 96. URL: Disponible en: www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779sOO.htm. Visitado el 23 de abril del 2008.
- GUTIÉRREZ VÉLEZ, V.H., LOPERA ARANGO, G.J. 2001. Metodología para la cuantificación de existencias y flujo de carbono en plantaciones forestales. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia. Chile.
- HERNÁNDEZ, A., ET AL. 2006. El Suelo: Fundamentos sobre su Formación, los Cambios Globales y su Manejo. México. Universidad Autónoma de Nayarit. 255p.
- INSTITUTO DE SUELO (IIS). 1973. Génesis y Clasificación de los Suelos de Cuba. La Habana. Academia de Ciencia de Cuba. 315 p.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FORESTALES (IIF). 1978. Manual de análisis del laboratorio de suelos, foliar y aguas. La Habana. Instituto de Investigaciones Forestales.
- MOHAMED, I., ET AL. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Revista Agroforestería en las Américas (CR) No. 45. Disponible en: URL:<http://www.cipav.org.co/.../almacenamiento%20de%20carbono%20en%20el%20suelo%20y%20la%20>
- ORTEGA, F. 1982. La materia orgánica de los suelos y el humus de los suelos de Cuba, Instituto de Suelos. La Habana. Academia Ciencia Cuba. 129 p.
- RENDA, A., UNDA, A., HOUSSIN, J. 1974. Los Suelos de la cuenca del Río San Diego. La Habana. Centro de Investigaciones y capacitación Forestales (CICF). 91p.
- RENDA, A., ET AL. 1981a. Estudio Edafológico-Forestal y Fisiográfico de la Sierra Maestra, Municipio Bartolomé Masó. Instituto Investigaciones Forestales (IIF). p. 123.
- RENDA, A., ET AL. 1981b. Estudio Edafológico, Fisiográfico Agro-silvicultural de la Sierra Maestra, Municipio Campechuela y Manzanillo. Instituto Investigaciones Forestales (IIF). p. 59.
- RENDA, A., ET AL. 1981c. Estudio Edafológico, Fisiográfico Agro-silvicultural de la Sierra Maestra, Municipio Pílon. Instituto Investigaciones Forestales (IIF). p. 51.
- RENDA, A., ET AL. 1982. Estudio Edafológico, Fisiográfico Agro-silvicultural de la Sierra Maestra, Municipio Jiguaní. Instituto Investigaciones Forestales (IIF). p. 22.
- RENDA, A., ET AL. 1985. Particularidades de suelos forestales de Cuba. Informe Final Tema de Investigación (90812). Centro Investigación Forestal (CIF), 18 p.
- RENDA, A.; G. HERRERO; M. JIMÉNEZ; A. MERCADET (1989): «Contenido nutricional en las hojas de algunas especies forestales latifoliadas de importancia económica», Memorias de la II Jornada Científico-Técnica de la Estación Experimental Forestal Guisa, IIF, Granma, Cuba.
- RENDA, A. 1999. Particularidades Edafológicas-Forestales de la región central de la Sierra Maestra. Trabajo inédito. Cuba. 100 p.
- RENDA, A., RODRÍGUEZ, Y., MERCADET, A. 2010 a. Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. Ferralítico Rojo Amarillento. INAF, 8 p. La Habana. Inédito.
- RENDA, A., RODRÍGUEZ, Y., MERCADET, A. 2010 b. Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. Fersialítico

Rojo Parduzco Ferromagnesial. Instituto Investigaciones Forestales (INAF). La Habana. Inédito.

RODRÍGUEZ, Y., RENDA, A., MERCADET, A. 2010. Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. Ferrítico. Instituto Investigaciones Forestales. La Habana. Inédito.

SHEPASHENKO, G., ET AL. 1983. Resistencia antierosiva de los principales suelos agrícolas de Cuba. Ciencia Agrícola (CU). 16: 105-116.

VARALLYAY, G. 1990. Types of soil processes and changes. In global soil change. IIASA. Laxemburg. Austria, p. 41-62.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Arsenio Renda Sayoux

Ingeniero Agrónomo, diplomado en Soils Survey, investigador titular, profesor auxiliar adjunto de la Universidad de Pinar del Río, dirige proyecto de investigación sobre Hidrología Forestal y realiza trabajo de investigación en temas relacionados al Manejo de Cuencas y el Medio Ambiente. Ha impartido conferencias y cursos de posgrado en universidades en México y en eventos internacionales promovidos por Redes de Cooperación Técnica de la FAO. Ha asesorado y capacitado en técnicas agroforestales en escenarios rurales de Haití, y obtenido diversos reconocimientos sobre su labor científico-técnica que otorga la Academia de Ciencias de Cuba y el Ministerio de la Agricultura.

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales



Asesorías

- Organización y manejo de fincas forestales integrales.
- Agroforestería.
- Aprovechamiento de productos forestales madereros y no madereros.
- Propagación y manejo de bambú y ratán.
- Tratamientos silvícolas y manejo de bosques.
- Semillas forestales.
- Conservación física de la madera e industria del aserrado y carpintería.
- Propuesta de equipamiento y organización del flujo tecnológico.
- Conservación de especies en peligro de extinción.
- Determinación de manejo de frutos y semillas de especies forestales con especial énfasis en las especies amenazadas.
- Clasificación de fuentes semilleras sobre la base de su genética y la calidad de sus productos.



INAF

Instituto
de Investigaciones
Agro-Forestales